

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Racionalizace obrábění vybrané součásti na CNC
obráběcích strojích

Machining Rationalization of Choice Component on
CNC Machines

Student:
Vedoucí bakalářské práce:

Vítězslav Janda
Ing. Lenka Petřkovská

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **Vítězslav Janda**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace obrábění vybrané součásti na CNC obráběcích strojích**
Machining Rationalization of Choice Component on CNC Machines

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Rozbor stávající technologie výroby součásti.
3. Návrh nové technologie výroby součásti.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

BILÍK, O. *Obrábění II, 1. díl*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 1999, II. vydání. ISBN 80-7078-962-X.
BILÍK, O. *Obrábění II, 2. díl*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2000, II. vydání. ISBN 80-7078-944-1.
VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inženýrstvo*. Prešov : Datapres
Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Petřkovská**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010




prof. Dr. Ing. Josef Brychta
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ STUDENTA

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Tato práce byla vypracována se souhlasem vedení společnosti Klein a Blažek s.r.o. ve Štítech.

V Ostravě 24.5.2010



Vítězslav Janda

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 24.5.2010


.....

Vítězslav Janda

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bukovice 69

Štítý

789 91

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Janda, V. *Racionalizace obrábění vybrané součásti na CNC obráběcích strojích : bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2010, 33 s. Vedoucí práce: Petřkovská, L.

Bakalářská práce se zabývá zvýšením produktivity obrábění v podmínkách firmy Klein a Blažek s.r.o. sídlící ve Štítěch. V úvodu se seznámíme s historií a současností této firmy. Další část je věnována technologii obrábění, procesu obrábění, tvorbě třísky a řeznému nástroji. Hlavní část této bakalářské práce se zabývá výměnou současného řezného nástroje za nový a zvýšení využitelnosti obráběcího centra, zkrácení výrobních časů a celkových nákladů výroby. Závěr patří vyhodnocení této práce.

ANNOTATION OF BACHELOR WORK

Janda, V. *Machining Rationalization of Choice Component on CNC Machines: Bachelor work*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2010, 33 s. Thesis head: Petřkovská, L.

Bachelor work with deal with increasing productivity cutting single parts in setting company Klein & Blažek Ltd. In the egg familiarization with history and present company Klein & Blažek Ltd in Štítý. Next part is presentation story of cutting, suit cutting, creation swarf and cutting material. Feature these bachelor work deal with changes contemporary cutting material on new and saved next operation on products, shortening production time and all-in cost production. Finish belong to interpretation those work.

Obsah

	strana
Obsah.....	5
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	7
1 Úvod	8
1.1 Charakteristika podniku.....	8
1.2 Historie společnosti.....	8
1.3 Současnost firmy.....	9
2 Obecná charakteristika řešené problematiky.....	10
2.1 Téma bakalářské práce.....	10
2.2 Technologie obrábění používané ve firmě Klein a Blažek s.r.o.....	10
2.2.1 Soustružení.....	10
2.2.2 Frézování.....	11
2.2.1 Broušení.....	12
2.3 Materiál nástrojů pro frézování.....	13
2.3.1 Nástrojové oceli.....	14
2.3.2 Tvrdé rezné materiály.....	17
3 Návrh nové technologie.....	21
3.1 Rozbor stávající výroby.....	21
3.2 Rozbor nové výroby.....	21
3.3 Všeobecná charakteristika stroje.....	21
3.4 Použitý nástroj RO.....	23
3.5 Použitý nástroj SK.....	24
3.6 Obráběný materiál.....	25
3.7 Popis obráběné součásti.....	26

4 Výsledky experimentálních prací.....	27
4.1 Obrábění o délce trvání 1 h.....	27
4.2 Obrábění 2 dílů do nového postupového nástroje.....	28
5 Technicko ekonomické zhodnocení.....	29
Závěr.....	30
Seznam použité literatury.....	32
Seznam příloh.....	33

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

ZNAČKA	VÝKLAD	JEDNOTKA
a_p	axiální hloubka řezu	[mm]
f_z	posuv na zub	[mm]
n	otáčky za minuty	[min ⁻¹]
R_m	pevnost v tahu	[MPa]
t	čas	[s]
v_c	řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
v_f	rychlost posuvu	[m.min ⁻¹]

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ZKRATKA	VÝKLAD
CNB	Kubický nitrid bóru
CNC	Computer Numerical Controlled (počítačem řízené)
HB	Tvrdost podle Brinella
HRC	Tvrdost podle Rockwella
K	Kalení
NC	Numerical Kontrol (číslicově řízené)
P	Popouštění
RO	Rychlořezná ocel (HSS – High speed steel)
SK	Slinuté karbidy
ŽM	Žíhání na měkko
ŽP	Žíhání na odstranění pnutí

1. Úvod

Produktivita obrábění je jednou z nejdůležitějších kritérií pro výrobu všech obráběných výrobků. Už na začátku výroby je důležité si zvolit správnou volbu dané technologie, která se projeví do celé výroby. Pro každý materiál nebo každou vlastnost obráběcího stroje je důležité zvolit správný parametr, který nám tuto produktivitu zefektivní, do nejlepších možností zvoleného způsobu obrábění. Úspěch firmy je tvořen úspěchy jednotlivců, ze kterých se skládá. Proto podniky motivují své zaměstnance k hledání rezerv a úspor ve vlastní práci. Například svědomitým dodržováním technologických postupů, dodržováním kontroly odvedené práce, péčí o stroje a veškerý svěřený majetek.

1.1 Charakteristika podniku

Tato bakalářská práce je vypracovaná ve firmě Klein & Blažek s.r.o. sídlící ve Štítech, kde pracuji od srpna roku 2007 jako nástrojař. Firma je více než 35 let dodavatelem lisovaných a obráběných kovových dílů pro sériovou výrobu převážně automobilů do mnoha známých automobilových závodů po celém světě.

1.2 Historie společnosti

Počátky firmy začínají v roce 1958, na základě rozhodnutí Krajského národního výboru v Olomouci byl proveden za účelem zprůmyslnění pohraničí převod výroby domovních zvonků, dětských hraček a lisování bakelitu z Olomouce do v budově č. 67 na náměstí ve Štítech s počtem 14 - ti pracovníků. V roce 1960 Provozovnu převzal podnik místního průmyslu JESAN Jeseník. Výstavba nové výrobní haly pro kapacitně již nevyhovující provozovnu na náměstí byla dokončena v roce 1970 a zároveň s dokončením výstavby byla do nových prostor převzata první část výroby pro automobilové závody ŠKODA Mladá Boleslav. Po rozpadu podniku JESAN Jeseník 1.1.1990 se ze závodu ve Štítech stal státní podnik. Zakladatelem byl Okresní úřad Šumperk. Pro privatizaci byla v říjnu 1991 vybrána forma veřejné soutěže. Privatizační projekt byl zpracován tehdejším zakladatelem. Obec Štíty usilovala o převzetí funkce zakladatele a podle zákona ČNR ze dne 4.9.1990 se od 1.1.1993 také

zakladatelem stala. Privatizace byla po správním řízení uskutečněna a dne 1.3.1994 vznikla nová firma KLEIBL s.r.o., která byla v červenci 1994 přejmenována na Klein a Blažek s.r.o. V roce 1996 byla zakoupena Tírny Štíty s.r.o., kde se dříve zpracovával len a dochází k přebudování celého areálu na strojírenskou výrobu, dále byla provedena výstavba skladu hotových výrobků, lisovny a přístavba skladu materiálu. Od roku 2004 probíhá výstavba kovolisovny a nákup jejího technologického vybavení, zakoupení 2 klikových lisů Andritz Kaiser. Nejvíce viditelnou změnou je rekonstrukce vstupu do podniku a vybudování recepce. Průběžně dochází k postupné modernizaci a rozšiřování celé firmy.[4]

1.3 Současnost firmy

Z důvodu organizačního zlepšení výroby, zlepšování pracovního prostředí a dodržení ekologických norem je v podnik rozdělen na dva výrobní objekty. Stav zaměstnanců Klein a Blažek s.r.o. k dubnu roku 2010 je 725.

Závod I - je zaměřen na technologie lisování kovových dílců, svařování a montáž. Je zde umístěno také vedení podniku, technologie, konstrukce, zásobování, odbytové útvary a nástrojárna.



Obr. 1.1 Závod I [4]

Závod II - je zaměřen na veškeré třískové obrábění (frézování, soustružení, řezání, atd.) a tepelné zpracování v novém zařízení kalící linky SOLO 202.

2. Obecná charakteristika řešené problematiky

2.1 Téma bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je zefektivnění a zrychlení výroby obráběných součástí na provozu nástrojárna. Úkolem je provést analýzu výroby a na základě získaných poznatků provést rozhodnutí o zvýšení produktivity obrábění frézovacího centra MCFV 1060 s použitím nového řezného materiálu. V závěru bakalářské práce je provedeno ekonomické zhodnocení z hlediska efektivity výroby. Výsledek byl zkontrolován s vedoucím nástrojárny a technologem nástrojárny.

2.2 Technologie obrábění používané ve firmě Klein a Blažek s.r.o.

K technologiím třískového obrábění používaných u Klein a Blažek na provozu nástrojárna patří soustružení, frézování a broušení materiálu.

2.2.1 Soustružení

Soustružení je rozšířenou technologií používanou v nástrojárně. Je to obráběcí metoda používaná pro zhotovení součástí rotačních tvarů, většinou pomocí jednobřítých nástrojů různého provedení. Hlavní řezný pohyb je rotační a vykonává jej obrobek, zatímco nástroj vykonává pohyb do řezu. Pracovní pohyb nástroje je buď rovnoběžný s osou obrobku - podélný posuv, výsledkem je válcová plocha, nebo je pracovní pohyb kolmý na osu obrobku - příčný posuv, výsledkem je rovinná plocha. [2]

Soustružením lze:

- obrábět vnější i vnitřní válcové, kuželové i tvarové plochy
- obrábět čelní rovinné plochy
- zhotovovat zápichy - vnější, vnitřní, čelní
- upichovat
- vrtat, navrtávat, vyvrtávat, zahlubovat, vystružovat
- řezat závity vnější i vnitřní
- podsoustružovat hřbetní plochy tvarových fréz

Stroje používané k soustružení se z konstrukčně - technického hlediska rozlišují na soustruhy univerzální, hrotové, svislé, čelní, revolverové, poloautomatické, automatické, vícevřetenově a číslicově řízené.

Na provoz nástrojárny jsou používány tyto soustruhy:

Soustruh hrotový: - MT 50/800 CNC

- HAWK TC-200M

Soustruh universální: - SU 50 A

- SV 18 RA

2.2.2 Frézování

Frézování je další používanou technologií na provoz nástrojárny. Je to obrábění nástrojem rotačně souměrného tvaru s 2 a více břity. Při frézování hlavní řezný pohyb vykonává nástroj (frézka) a obrobek vykonává pohyb do řezu. Pomocí frézky se obrábí rovinné a tvarové plochy, drážky, ozubení a při použití zvláštního příslušenství i rotační plochy a závity. Klasicky probíhá ve třech osách, ve více než třech osách pracují víceosá obráběcí centra řízená počítačem.[2] Podle způsobu záběru frézky do materiálu obrobku rozlišujeme dva způsoby frézování. Frézování obvodem nástroje - obvodové frézování - osa frézky je rovnoběžná s obráběnou plochou nebo frézování čelem nástroje - čelní frézování osa nástroje je kolmá k obráběné ploše. Frézování se dělí na sousledné, kdy se nástroj otáčí ve směru pohybu stolu s obrobkem. Tloušťka třísky je největší na začátku obrábění a směrem ke konci klesá až na nulu. Při nesousledném frézování se obrobek v oblasti řezání posouvá proti směru otáčení frézy. Tloušťka třísky začíná nulovou hodnotou a zesiluje se ke konci záběru až na maximum.[1]

Hlavní typy frézovacích operací:

- rovinné frézování
- čelní frézování
- kopírování
- frézování dutin
- frézování kotoučovou frézou
- rotační frézování
- frézování závitů

- dělení materiálu
- odvalovací frézování
- frézování drážek
- frézování ozubených kol

Frézky můžeme rozdělit podle polohy vřetene na horizontální nebo vertikální nebo podle konstrukce a účelu na konzolové, stolové, rovinné, nástrojové a speciální.

Na provoze nástrojárna jsou používány tyto frézky:

Frézka horizontální: - FA 3 AH

Frézka nástrojová: - FNGJ 32

- FN 40

Frézovací centrum: - MCFV 1060

- ARROW 1000

2.2.3 Broušení

Používá se především pro opracování součástí na přesný geometrický tvar, rozměry a kvalitu povrchu. Při broušení je materiál obrobku odebírán břity brusných zrn brusného kotouče ve formě velmi malých a nepravidelných tvarů. Břity brusných zrn mají nedefinovatelnou geometrii. Nástroj při broušení rotuje a vykonává hlavní řezný pohyb. Posuv vykonává obrobek. Brusné nástroje se skládají z jednotlivých brusných zrn spojených pojivem. Jakost brusných kotoučů se posuzuje podle : druhu a zrnitosti brusiva, tvrdosti a struktury nástroje a podle druhu pojiva.[2]

Rozlišujeme druhy brusek:

Na kulato - používá se pro výrobu válcových součástí o vysoké přesnosti. Obrobek, většinou upnut mezi hroty ve středících důlcích, se pomalu otáčí. K němu se přisouvá brusný kotouč o vysokých otáčkách. Obrobek se otáčí proti směru otáčení brusného kotouče. Brousí se předem osoustružené povrchy, při ponechání přídavku několik desetin mm. Patří sem i broušení otvorů.

Na plocho - používá se pro výrobu rovných, někdy i tvarových ploch. Obrobek je upnut buď přímo na magnetickém stole, nebo pomocí přípravku (prisma, svěrák atd.) a vykonává pomalý přímočarý vratný pohyb. K němu se přisouvá brusný kotouč o vysokých otáčkách.

Způsoby broušení:

- vnější s podélným posuvem, s příčným posuvem, bezhroté s podélným a příčným posuvem
- vnitřní - s podélným nebo příčným posuvem, planetové, bezhroté
- rovinné - obvodem nebo čelení kotouče
- tvarové - pro broušení tvarových ploch

Brusky používané v nástrojárně:

Bruska hrotová: - BUA 25/1000

Bruska rovinná: - BPH 20

- BPH 20 N

- BPH 20 NA

- BRH 40 B/1500

2.3 Materiál nástrojů pro frézování

Břit je nejdůležitější částí řezného nástroje. Závisí na něm průběh vlastního procesu, produktivita a hospodárnost obrábění. Je proto nutné věnovat materiálu řezné části nástroje náležitou pozornost. Vlastnostem materiálu řezných nástrojů, tj. jejich tvrdosti, pevnosti, houževnatosti, odolnosti proti otěru a tepelné odolnosti, se říká souhrnně řezivost. Řezivost je dána řadou činitelů, jako chemickým složením, způsobem výroby, tepelným a jiným zpracováním, např. tvářením, pájením apod. Hodnocení řezivosti řezných materiálů se provádí nejčastěji podle přípustných řezných rychlostí a teplot řezání při kterých mohou nástroje pracovat bez větší újmy na vlastní tvrdosti. Pro řezné nástroje se používá řada materiálů, a to:[1]

nástrojové oceli :

- nelegované
- legované
- rychlořezné

tvrdé řezné materiály : - slinuté karbidy
- keramické materiály
- technické diamanty
- kubický nitrid boru

2.3.1 Nástrojové oceli

Nástrojové oceli nelegované

Jsou vhodné především pro ruční nástroje. Pro strojní obrábění se používají jen výjimečně. Neobsahují legovací prvky a jejich vlastnosti jsou dány pouze obsahem uhlíku. Používají se především nadeutektoidní oceli s obsahem uhlíku od 1,0 do 1,35 %, které mají dostatečnou tvrdost i houževnatost a jsou vhodné pro ruční výstružníky, závitníky, dláta, pily apod. Oceli s obsahem uhlíku do 1,5 % mají vysokou tvrdost, ale nízkou houževnatost a jsou vhodné pro výrobu pilníků. [1]

Nástrojové oceli legované

Manganové oceli (19 3XX)

Karbidy manganu se tvoří, osahuje-li ocel více než 20 % Mn. Menší obsah Mn sice tvrdost oceli neovlivňuje, ale zpomaluje rekrytalizaci po kalení. Oceli obsahující asi 2 % Mn se při kalení minimálně deformují a jsou rozměrově velmi stálé. Výsledná tvrdost a odolnost proti popouštění je u manganových ocelí téměř stejná jako u nelegovaných ocelí. Manganové oceli se používají tam, kde záleží na dodržení tvarové a rozměrové přesnosti, např. na závitníky, závitové čelisti, závitové frézy, ruční výstružníky a měřidla. [1]

Chromové oceli (19 4XX)

Chrom působí univerzálně, a proto je důležitou přísadou legovaných ocelí. Tvoří samostatné karbidy vysoké tvrdosti a stabilizuje karbidy ostatních prvků a za vyšší teploty. Zvyšuje tak tvrdost, prokalitelnost a otěruvzdornost ocelí. Při obsahu 4 % Cr jsou oceli kalitelné již na vzduchu. Obsah Cr > 20 % se projevuje tzv. sekundární

tvrdostí při popouštění oceli, kdy se zbytkový austenit rozpadá na bainit. Kromě karbidů je chrom rozpuštěn i v základní formě feritu a zvyšuje tak pevnost a houževnatost oceli. Chromové oceli vynikají řezivostí a odolností proti otěru. Jsou vhodné pro nástroje, u kterých se vyžaduje vysoká tvrdost a houževnatost a snadné tepelné zpracování, např. šroubovitě vrtáky, výstružníky, tvarové nože, závitorezné nástroje a tvarové frézy. Protože si chromové oceli zachovávají během kalení tvarovou a rozměrovou přesnost, jsou vhodné i pro výrobu nejpřesnějších měřidel. Chromové oceli jsou vhodné pro nástroje k obrábění i velmi tvrdých materiálů, jako skla, mramoru, břidlice nebo materiálů se špatným odvodem tepla, např. plastů, tvrdého dřeva apod. [1]

Wolframové oceli (19 7XX)

Wolfram je pro nástrojové oceli velmi důležitý legovací prvek a často se kombinuje s chromem a dalšími prvky. Tvoří více druhů karbidů, které jsou velmi tvrdé a stabilní. Wolframové oceli proto vykazují vysokou tvrdost a odolnost proti otěru. Karbidy wolframu jsou v austenitu těžko rozpustné, proto wolframové oceli zachovávají tvrdost i při vyšších teplotách. Vlivem wolframu se měrné teplo ocelí zvyšuje a snižuje se jejich tepelná vodivost. Proto jsou wolframové oceli velmi náročné na tepelné zpracování. Oceli s obsahem W do 5 % s kombinací chrómu a vanadu do 2 % se používají k výrobě nejvyšších šroubovitých vrtáků, výstružníků, závitorezných nástrojů, fréz a chirurgických nástrojů. Jsou vhodné k obrábění nejtvrdších materiálů a lepenky, korku, pryže, dřeva apod. [1]

Rychlořezné oceli (19 8XX)

Rychlořezné oceli (RO), by měly patřit svým vysokým obsahem wolframu mezi wolframové oceli. Pro své velmi odlišné vlastnosti byly však zařazeny do samostatné skupiny. Obsahují karbidotvorné kovy wolfram, chrom, vanad a molybden a nekarbidotvorný kobalt. Uhlíku obsahují RO zpravidla méně než 1 %. [1]

Rychlořezné oceli vyrobené práškovou metalurgií (PMRO)

Vyrábí se lisováním ingotů nebo tvarováním řezných elementů i celých nástrojů z práškové oceli s následným slinováním. Ingoty se dále tváří klasickým způsobem. PMRO vykazují vysokou homogenitu struktury oceli a umožňují výrobu nekonvenčního chemického složení ocelí, tj. obsahu legovacích prvků a uhlíků, kterého nelze klasickou

metalurgií dosáhnout. PMRO, ve srovnání s RO, vykazují lepší obrobitelnost broušením a vyšší houževnatost. Jsou vhodné pro všechny typy nástrojů a způsoby obrábění. Jejich cena je pochopitelně vyšší. [1]

Vliv jednotlivých legujících prvků na vlastnosti RO:

Wolfram (W) tvoří samostatné, velmi tvrdé karbidy wolframu. Zabraňuje tvoření karbidů železa, které jsou méně tvrdé. Zabraňuje difuzi jiných kovů do teploty 650 °C. Podporuje stálost tvrdosti i za vyšších teplot. Celkově zvyšuje řezivost RO. Optimální obsah W=18%. Při nižším obsahu tvrdost RO klesá, při vyšším obsahu roste její křehkost.

Chrom (Cr) tvoří samostatné, velmi tvrdé karbidy. Zvyšuje prokalitelnost RO a zvětšuje množství zbytkového austenitu po kalení. Stabilizuje karbidy i při vyšších teplotách. Optimální obsah Cr = 4%. Při nižším obsahu je RO karbidicky nestejnorodá, při vyšším obsahu roste její křehkost.

Vanad (V) má vysokou slučivost s uhlíkem a proto tvoří samostatné, velmi tvrdé karbidy, podstatně tvrdší než karbidy ostatní letovacích kovů. Zjemňuje zrna a zvyšuje tak tvrdost RO rychleji, než její křehkost. Při ohřevu na kalicí teplotu se rozpustí v austenitu a při popouštění RO se vylučuje jako karbid vanadu a přispívá značně ke vzniku sekundární tvrdosti RO. Minimální obsah vanadu v RO musí být 1 %.

Molybden (Mo) má na základní vlastnosti RO stejný vliv jako wolfram. Působí navíc příznivě na rovnoměrnost a jemnost struktury RO. Může plně nahradit wolfram v poměru 1 : 2. Výrobní technologie umožňují vyrábět RO na bázi Mo-W-Co (obsahují 6 až 9 % Mo, 3 až 5 % W a až 10 % Co) jsou pro svoji vysokou řezivost označovány jako vysokovýkonné RO. V mnoha státech převažuje jejich výroba nad výrobou RO na bázi W.

Kobalt (Co) při popouštění RO se vylučuje jako fáze CoW a vykazuje značnou tvrdost. Zvyšuje stabilitu přechodových struktur vzniklých kálením. Zabraňuje zhrubnutí zrna při ohřevu RO na vyšší kalicí teploty. RO obsahující kobalt (nepřesahují 10 %) vykazují vysokou řezivost, ale současně také větší křehkost, a nedoporučují se proto na nástroje s jemnými břity. [1]

ČSN uvádějí celkem 15 druhů RO. Podle obsahu jednotlivých legujících prvků a vlastností jsou vhodné pro nejvíce namáhavé nástroje, k obrábění ocelí a těžko obrobitelných materiálů. Pro hrubování při vysokých rychlostech jsou vhodné zejména oceli s velkým obsahem kobaltu (až 10 %). Pro jemné obrábění a nástroje velmi namáhavé při vysokých rychlostech vyžadující houževnatost jsou vhodné RO s velkým obsahem Mo (až 5 %). Při velkém obsahu legujících prvků vyžadují RO zcela odlišné tepelné zpracování.

2.3.2 Tvrdé řezné materiály

Keramické řezné materiály

Keramické řezné materiály (dále jen KM) jsou dalším druhem tvrdých řezných materiálů. Pro jejich výrobu je výchozí surovinou levný a snadno dostupný oxid hlinitý (Al_2O_3). Vyrábějí se práškovou metalurgií, slinováním lisovaných prášků do tvaru řezných destiček. Mají velmi malou pevnost v ohybu, a nejsou proto vhodné k obrábění přerušovaným řezem a k obrábění s většími průřezy třísek. V porovnání se SK jsou při stejné tvrdosti podstatně odolnější proti otěru. Jejich použití je možné při teplotách řezání až 1 200 °C. Pořizovací cena KM je v porovnání s cenou SK zanedbatelná. Po opotřebení všech řezných hran (6 až 8) se již neostří a dále nepoužívají. [1]

KM se rozděluje do tří skupin:

- 1. Čisté oxidy.** Je to téměř čistý oxid hlinitý (Al_2O_3) s malým obsahem mineralizátorů (asi 3 % hořecnatých sloučenin) snižujících teplotu slinování.
- 2. Cermety.** Kromě oxidu hlinitého obsahují až 40 % čistých kovů (Ni, Mo, Cr.) Cermety vykazují proti čistým oxidům poněkud větší houževnatost i tvrdost.
- 3. Karbidové oxidy.** Základní látkou je oxid hlinitý (Al_2O_3) nebo oxid hořecnatý (MgO) a až 50 % karbidů kovů (TiC , Mo_2C , WC), případně dalších oxidů (např. ZrO_2) a nitridů např. Si_3N_4). Mají rovněž vyšší houževnatost než čisté oxidy a mimořádně jemnou strukturu a odolnost proti opotřebení. [1]

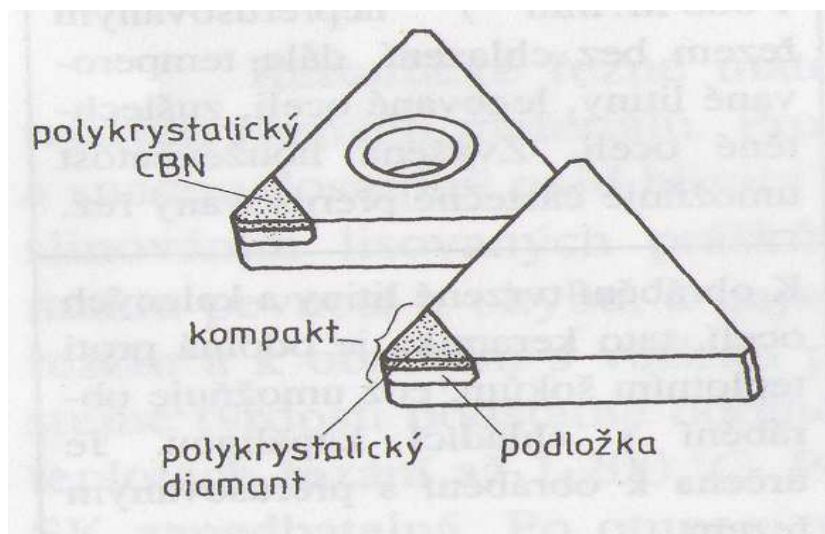
Tabulka 2.1 Několik druhů řezné keramiky vyráběné v ČR

Označení	Chemické složení	Tvrdost HRC	Pevnost MPa		Použití
			Tlak	Ohyb	
Disal D 100	Al_2O_3	91 - 94	3800-4000	650-750	Obrábění šedé litiny a konstrukčních ocelí vysokými rychlostmi (až 1000 m/min) nepřerušovaným řezem bez chlazení.
Disal D 210/220	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$	94 - 95		700-800	Obrábění šedé litiny a konstrukčních ocelí vysokými rychlostmi (až 1000 m/min) nepřerušovaným řezem bez chlazení, dále temperované litiny, legované oceli, zušlechtěné oceli. Zvýšená houževnatost umožňuje částečně přerušovaný řez.
Disal D 310/320	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$	93 - 96	3500- 4500	750-900	K obrábění tvrzené litiny a kalených ocelí, tato keramika je odolná proti teplotním šokům, což umožňuje obrábění s chladicí kapalinou. Je určena k obrábění s přerušovaným řezem.
Disal D 400	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Si}_3\text{N}_4$	91 - 93		1500-1800	Pro výše uvedené materiály, za všech podmínek a výhod předcházejících typů keramických materiálů.

Technické diamanty

Diamant je čistý uhlík se stopami příměsí, které určují jeho fyzikální vlastnosti a zabarvení. Uspořádání atomů v krystalické mřížce patří do kubické (krychlové) soustavy s osmnácti atomy. Diamant je nejtvrdší minerál a nelze jej nahradit ani keramickými řeznými materiály, ani SK. Technické diamanty jsou buď přírodní nebo uměle vyrobené. Syntetické diamanty jsou oproti přírodním levnější a vykazují lepší mechanické vlastnosti tím, že mají ve všech osách stejnou pevnost. Jejich nevýhodou jsou relativně malé krystaly, nevhodné pro mechanické upínání. Tato nevýhoda byla odstraněna výrobou tzv. kompakťů. Práškovou metalurgií je nanášena vrstva syntetického polykrystalického diamantu o tloušťce 1mm na podložku z houževnatého slinutého karbidu, čímž vzniká kompakť, který se pájí na řeznou část nástroje nebo je částí vyměnitelné břitové destičky (*Obr.2.1*). Jako řezný materiál se diamant používá pro jednoduché jednobřtové nástroje (nože) k jemnému obrábění s nepřerušovaným řezem. Je vhodný k obrábění měkkých a houževnatých materiálů, neželezných kovů a jejich slitin, tvrzené pryže, plastů, lepenky a všech materiálů s malou tepelnou vodivostí. Obráběný materiál musí být homogenní, jinak při každém přerušení řezu

nebo změně průřezu třísky může dojít k poškození diamantu. Velká citlivost diamantu na otřesy vyžaduje obráběcí stroje s klidným chodem a speciálními držáky nástrojů. [1]



Obr. 2.1 Břitové destičky s kompakty polykrystalického diamantu nebo polykrystalického CNB

Kubický nitrid boru

Uspořádání atomů v krystalové mřížce kubického nitridu boru (dále jen CNB) je podobné jako u diamantu. Rovněž i vlastnosti, zejména tvrdost, se podobají vlastnostem diamantu. Jako řezný materiál se CNB využívá k výrobě brousících nástrojů. Podobnou technologií, jako je výroba kompaků z polykrystalických diamantů, se vyrábějí kompakty z polykrystalického CNB. Nástroji s kompakty z CNB lze obrábět velmi tvrdé materiály, např. kalenou ocel o tvrdosti až 65 HRC při hloubce řezu h až 4 mm, posuvem f až 0,5 mm a řeznou rychlostí v_c až 260 m.min⁻¹. Šedou litinu o tvrdosti 220 HB lze při stejných řezných podmínkách obrábět řeznou rychlostí v až 800 mm.min⁻¹. Teplota řezání může při obrábění s CNB dosáhnout hodnoty 1400 až 1600 °C aniž by došlo ke změně jeho vlastností. [1]

Slinuté karbidy

Slinuté karbidy (dále jen SK) jsou nástrojové materiály vyráběné práškovou metalurgií z karbidů těžkých kovů: karbidu wolframu (WC), karbidu titanu (TiC), karbidu tantalu (TaC) a nízkotavitelného pojidla kobaltu. Nejsou slitinou, ale směsí dvou i více fází. Dodatečné tepelné zpracování není možné. Protože jsou velmi tvrdé, dají se tvarově a rozměrově upravovat jen omezeně pouze broušením, elektroerozivním obráběním a lapováním. Množstvím jednotlivých složek při výrobě SK lze ovlivňovat jejich tvrdost, houževnatost a odolnost proti otěru. Při znalosti vlastností jednotlivých složek se může využít možností jednotlivých typů SK. [1]

Karbid wolframu zaručuje tvrdost za vysoké teploty a zvyšuje odolnost proti opotřebení. Má chemickou stálost.

Karbid titanu zvyšuje tvrdost a chemickou stálost za vyšších teplot, snižuje však pevnost SK v ohybu a zvyšuje jejich křehkost. Zhoršuje tepelnou vodivost a zvětšuje tepelnou roztažnost SK.

Karbid tantalu má účinky kvalitativně podobné jako karbid titanu. Navíc zjemňuje strukturu SK.

Kobalt vytváří jako nekarbidotvorný prvek síťové pojivo mezi zrny karbidů. Protože jsou karbidy wolframu při slinování v kobaltu rozpustné, vytváří kobalt proti jiným kovům pojivo značně houževnaté a je nositelem pevnosti SK v ohybu. Zvyšováním obsahu kobaltu SK roste tažnost a pevnost, avšak klesá jejich tvrdost.

SK se vyrábějí ve tvaru destiček normalizovaných tvarů a rozměrů. Destičky se pájí nebo častěji mechanicky upínají na řeznou část nástroje. Mechanicky upínané destičky mají více ostří (hran), které lze otáčením postupně využít. Po otupení všech ostří se již neobnovují – neostří a nelze je proto dále používat. [1]

Pro větší rozsah použití se vysoce houževnaté SK povlakuji i několika vrstvami karbidů speciálních vlastností, které zajišťují tvrdost a otěruvzdornost a tím zvyšují životnost nástroje a kvalitu povrchu obrobku. Dále zvyšují odolnost proti vysokým teplotám a zaručují přilnavost následujících vrstev.

3. Návrh nové technologie

Tato práce vznikla na požadavek vedení provozu nástrojárna ve firmě Klein a Blažek s.r.o., aby se zvýšila využitelnost a produktivita vertikálního obráběcího centra MCFV 1060. Z navrhovaných variant byla vybrána pro rychlejší způsob obrábění a větší životnost nástroje frézovací hlava s SK destičkami, místo původní frézy z RO. Označení RO frézy je uvedeno viz kapitola 3.4. Navržený nástrojový materiál od firmy Pramet Tools s.r.o. je popsán v kapitole 3.5.

3.1 Rozbor stávající výroby

V nástrojovém vybavení obráběcího centra MCFV 1060 byla zahrnuta fréza z rychlořezné oceli, viz kapitola 3.4. Při obrábění docházelo k rychlému otupení frézy a ta se musela často ostřit. Obrobený povrch obráběného materiálu byl nevyhovující a bylo nutné obrobek přebrousit na rovinné brusce.

3.2 Rozbor nové výroby

V nástrojovém vybavení obráběcího centra MCFV 1060 byla nahrazena fréza z rychlořezné oceli frézou s vyměnitelnými břitovými destičkami. Očekává se, že nebude docházet k tak rychlému otupení jako u RO frézy a obrobený povrch obráběného materiálu se nebude muset brousit. Navrhovaná SK fréza by měla dosahovat větších řezných rychlostí a tím zkrátit výrobní časy obrobků.

3.3 Všeobecná charakteristika stroje

Pro tuto práci byla zvolena frézka vertikální obráběcí centrum MCFV 1060 od firmy TAJMAC – ZPS a.s., které je součástí strojního vybavení provozu nástrojárna. Stroj je tvořen dvěma stacionárními odlitky – základnou a na ní upevněným stojanem. Všechny pohyby stroje jsou realizovány prostřednictvím lineárního vedení s valivými elementy. Jejich dimenze a umístění dovoluje vysoké zatížení stolu, suportu a vřeteníku při zachování vysoké přesnosti rozměrů a kvality obrobku i při přerušovaném řezu a také vysokou životnost stroje. Široké uplatnění stroje vybízí k použití bohatého příslušenství.



Obr. 3.1 Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060 [10]

Vybavení stroje:

- řídicí systém HEIDENHAIN iTNC 530
- digitální pohony Siemens
- lineární optoelektrická pravítka
- zásobník nástrojů s výměnnou rukou
- centrální mazací systém
- automatické ofukování držáku nástroje
- chladicí agregát se systémem chlazení nástroje
- Oplachování teleskopických krytů

Hlavní technické údaje

Pracovní plocha	mm	1270 x 590
Maximální pracovní posuv	m.min ⁻¹	15
Maximální otáčky	min ⁻¹	10 000

Kompletní technické údaje viz Příloha C - technické údaje obráběcího centra MCFV 1060.

3.4 Použitý nástroj RO

Firma Klein a Blažek s.r.o. měla původně navržený nástroj z RO od firmy NAKOL s.r.o., se sídlem v Kolíně.

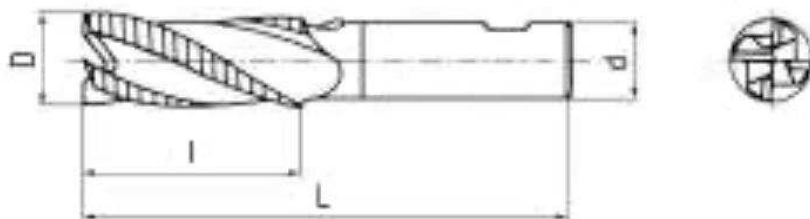
Typ frézy :

Fréza válcová čelní 129518, kód zboží: n129518



Obr. 3.2 Válcová fréza od firmy Nakol s.r.o.[7]

Schéma :



Obr. 3.3 Schéma válcové frézy od firmy Nakol s.r.o.[7]

Tabulka 3.1 Parametry RO frézy

D Průměr frézy [mm]	d Průměr upínacího prvku [mm]	l Délka řezné části [mm]	L Délka frézy [mm]	Z Počet zubů
20	20	55	141	4

Použití:

Fréza je vhodná na obrábění nástrojových oceli nízkolegované, vysoce legované do $R_m 1100$ MPa a pro nástrojové oceli zušlechťené nad $R_m 1100$ MPa. Je vhodná i pro obrábění Cr-Ni slitin do $R_m 850$ MPa.

3.5 Použitý nástroj SK

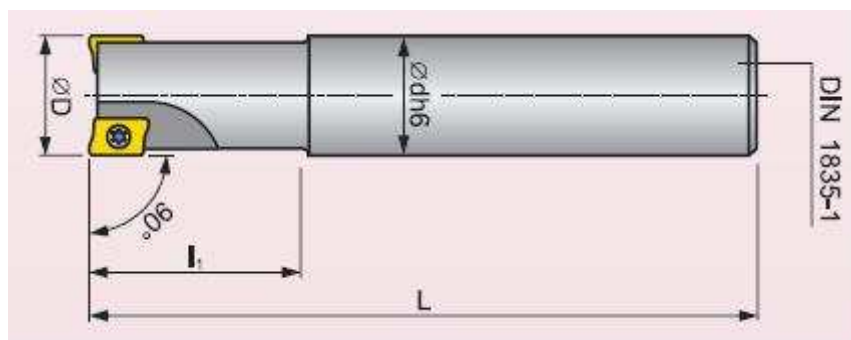
Jako nově zvolený obráběný nástroj byl navržen nástroj s SK destičkami od firmy Pramet Tools s.r.o. sídlící v Šumperku.

Typ frézy : Fréza válcová čelní SAD11E 4 břitá, kód : 20A3R029A20-SAD11E-C



Obr. 3.4 Válcová fréza od firmy Pramet Tools s.r.o.[9]

Schéma :



Obr. 3.5 Schéma válcové frézy od firmy Pramet Tools s.r.o.[9]

Tabulka 3.2 Parametry SK frézy

D Průměr frézy [mm]	d Průměr upínacího prvku [mm]	l Délka řezné části [mm]	L Délka frézy [mm]	Z Počet zubů
20	20	29	150	4

Použití:

Nová generace fréz od firmy Pramet Tools s.r.o. s vyměnitelnými destičkami se vyznačuje širokým rozsahem použití, lepší kvalitou obrobeného povrchu a delší životností.

3.6 Obráběný materiál

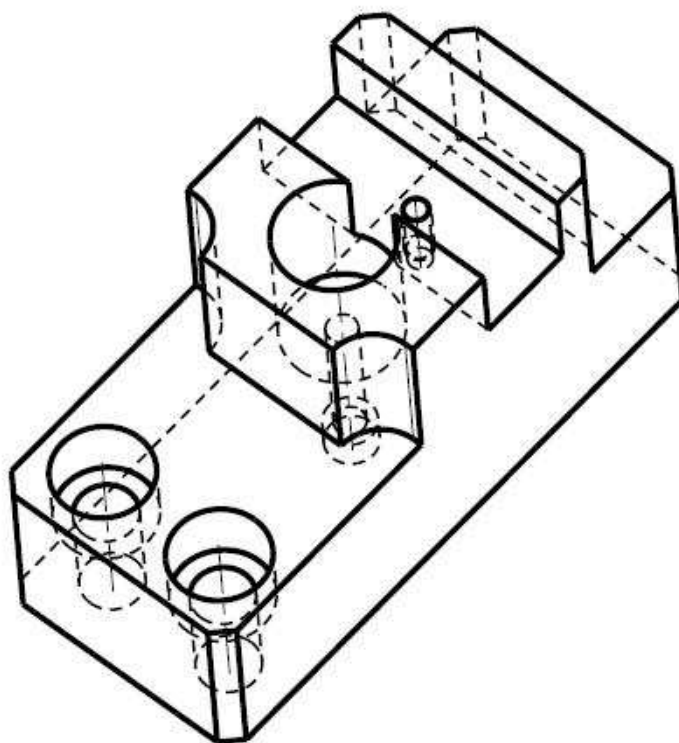
Na obráběcí centrum MCFV1060 se obrábí oceli, slitiny hliníku a barevné kovy. Z barevných kovů se obrábí hlavně měď na elektrody pro elektroerozivní hloubičku. Z hliníkových slitin se obrábějí základové desky pro kontrolní přípravky. Z ocelí se obrábí konstrukční i nástrojové oceli. Konstrukční nelegované třídy 11, nízkolegované třídy 14 a vysokolegované nerezové oceli třídy 17. Z nástrojových ocelí se obrábí oceli 19312, 19422 a 19436 pro nové díly do střížných, tvářecích a postupových nástrojů nebo pro úpravu stávajících dílů, či opravu poškozených součástí lisovacích nástrojů.

Tabulka 3.3 Vlastnosti nástrojové oceli 19 312 [5]

ČSN, chemické složení	Vlastnosti, tepelné zpracování [°C]	Tvrdost HRC	Třída odpadu	Použití
19 312.4 0,8 C 2,0 Mn 0,15 V	Nízkolegovaná Mn-V ocel ke kalení v oleji, se střední prokalitelností, s dobrou stálostí rozměrů při tepelném zpracování, dobrou houževnatostí i odolností proti opotřebení, tvárná za tepla a dobře obrobitelná ŽM: 680 až 710 ŽP: 600 až 650 K: 740 až 780/olej P: 150 až 250	asi 63	002	<i>Nástroje pro stříhání za studena:</i> všechny druhy nástrojů pro stříhání na lisech a děrování materiálů malých tloušťek, zejména tvarově složité střížnice a střížníky, které vyžadují velmi dobrou stálost rozměrů při tepelném zpracování. Kruhové nože strojních nůžek pro stříhání materiálů malých tloušťek. <i>Řezné nástroje:</i> talířové a kotoučové nože k řezání papíru apod. <i>Nástroje pro tváření za studena:</i> nástroje na ohýbání, zakružování, tažení a ražení materiálů malých tloušťek <i>Formy:</i> malé formy pro tváření plastů a pryže, méně namáhané formy pro lisování práškových hmot <i>Měřidla:</i> spároměry, funkční části skládaných měřidel, kalibry, pravítka nožová a sinusová, úhelníky, nožové šablony, závitové kalibry, rýsovací a pomocné nářadí <i>Ruční nástroje a nářadí:</i> závitořezné nástroje

3.7 Popis obráběné součásti

Ověření výhod výroby nástrojem s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK bylo testováno při obrobení nového postupového nástroje. Název dílu je Upínací kostka, pozice v nástroji číslo 78, inventární číslo nástroje 1873. V nástroji jsou 2 kusy tohoto dílu. Výrobní výkres dílu viz Příloha D – výkres výrobní součásti.



Obr. 3.6 Model výrobní součásti

4 Výsledky experimentálních prací

Při praktické části této práce byly provedeny dva pokusy. Při prvním se zkontrolovalo opotřebení fréz po 1 hodině provozu. Ve druhém testu jsme měli frézy ve výrobním postupu obrábění obráběcího centra MCFV1060, při obrábění 2 shodných dílů do nového postupového nástroje a bylo zkoumáno opotřebení frézy, kvalita obrobené plochy a celkový výrobní čas obrobku. První obrobek se obráběl RO frézou. Po skončení obrábění bylo zkontrolováno opotřebení RO frézy, kvalita obrobeného povrchu a celkový čas obrábění. Druhý obrobek se obráběl SK frézou. Po skončení obrábění bylo zkontrolováno opotřebení SK frézy, kvalita obrobeného povrchu a celkový čas obrábění. Výsledky jsou vyhodnoceny v závěru.

4.1 Obrábění o délce trvání 1 h

Opotřebení fréz bylo zkontrolováno po 1 hodině obrábění.

1. Výsledky testů u rychlořezné oceli:

Fréza: Rychlořezná válcová čelní 129518

Rozměry frézy: $D = 20 \text{ mm}$; počet zubů $z = 4$;

Parametry při obrábění:

Otáčky frézy n [min^{-1}]	Rychlost posuvu v_f [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	Řezná rychlost frézy v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	Posuv na zub f_z [mm]
1 000	0,25	70	0,06

Po skončení obrábění byla provedena vizuální kontrola opotřebení nástroje. Je zřetelné otupení jednotlivých břitů frézy, viz Příloha A - fotografie opotřebení RO frézy.

2.Výsledky testů slinutých karbidů:

Fréza: Válcová fréza SAD11E s destičkami ADMX11-R

Rozměry frézy: D= 20 mm ; počet zubů z = 4;

Parametry při obrábění:

Otáčky frézy n [min ⁻¹]	Rychlost posuvu v _f [m.min ⁻¹]	Řezná rychlost frézy v _c [m.min ⁻¹]	Posuv na zub f _z [mm]
3 800	0,5	240	0,125

Po skončení obrábění byla provedena vizuální kontrola opotřebení nástroje. Destičky nevykazují větší míru opotřebení, není nutnost výměny, viz Příloha B - fotografie opotřebení SK frézy.

4.2 Obrábění 2 dílů do nového nástroje

Při tomto testu jsou frézy součástí obráběcího postupu. Jsou obráběny dva shodné díly do nového postupového nástroje. První díl je obráběn rychlořeznou frézou a druhý shodný díl frézou s SK destičkami. Je zkoumáno opotřebení frézy, kvalita obrobené plochy a celkový výrobní čas obrobku.

1Výsledky testů u rychlořezné oceli:

Fréza: Rychlořezná válcová čelní 129518

Rozměry frézy: D= 20 mm ; počet zubů z = 4;

Parametry při obrábění:

Otáčky frézy n [min ⁻¹]	Rychlost posuvu v _f [m.min ⁻¹]	Řezná rychlost frézy v _c [m.min ⁻¹]	Posuv na zub f _z [mm]
1 000	0,25	70	0,06

Dosažený čas při tomto testu byl t = 55 min a 14 s. Po skončení obrábění bylo vizuální kontrolou zjištěno značné otupení a bylo nutné nástroj přebrousit. Obrobený povrch obráběného materiálu byl nevyhovující a bylo nutné obrobek přebrousit na rovinné brusce.

2.Výsledky testů slinutých karbidů:

Fréza: Válcová fréza SAD11E s destičkami ADMX11-R

Rozměry frézy: D= 20 mm ; počet zubů z = 4;

Parametry při obrábění:

Otáčky frézy n [min ⁻¹]	Rychlost posuvu v _f [m.min ⁻¹]	Řezná rychlost frézy v _c [m.min ⁻¹]	Posuv na zub f _z [mm]
3 800	0,5	240	0,125

Dosažený čas při tomto testu byl t = 39 min a 55 s. Při druhém testu nebylo zjištěno výrazné opotřebení břitů a nebyla nutná výměna destiček. Obrobený povrch obráběného materiálu měl vyhovující kvalitu a nebylo třeba obrobek přebrousit na rovinné brusce.

5 Technicko ekonomické zhodnocení

Pořizovací cena nástroje :

Fréza válcová s rychlořezné oceli – 1 000 Kč

Fréza válcová na SK destičky – 5 500Kč, SK destičky – 250 Kč/kus

Celková pořizovací cena nové frézy činí 6 500 Kč

Zhodnocení minimálních celkových nákladů na opracování všech výrobků obráběných na obráběcím centru MCFV 1060 za jeden měsíc:

Náklady na obrábění při použití RO:

Celkové minimální náklady při obrábění činí 78 100 Kč/měsíc.

Náklady na obrábění při použití SK destiček:

Celkové minimální náklady při obrábění činí 52 150 Kč/měsíc.

Při použití nové frézy firma ušetřila při obrábění na obráběcím centru MCFV 1060 25 950 Kč/měsíc. Zavedením nového řezného materiálu se zvýší produktivita výroby o 30%.

Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena na zrychlení a zefektivnění výroby na provozu Nástrojárna ve firmě Klein a Blažek s.r.o. ve Štítech volbou vhodného obráběcího nástroje .

Hlavní úkol v bakalářské práci bylo zvolit vhodný nástroj pro obrábění na vertikálním obráběcím centru MCFV1060. Původní nástroj byla válcová fréza z rychlořezné oceli, u které bylo zjištěno při obrábění opotřebení jednotlivých břitů a nástroj se musel přebrousit. Při obrábění SK frézou s vyměnitelnými destičkami od firmy Pramet Tools s.r.o. Šumperk nebylo zjištěno větší opotřebení nástroje a jeho nutná výměna.

Velká výhoda byla v dosažených časech u SK destiček. Ze zjištěných časů, které byly dosaženy od počátečního upínání obrobku až po konec obrábění, bylo zjištěno, že při použití frézy s SK destičkami byly naměřeny kratší časy obrábění a byla potvrzena delší životnost nástroje než při použití rychlořezné oceli. Dalším velkým kladem při použití nástroje s SK destičkami je dosažení větší kvality obráběného povrchu, obrobek se již nemusí brousit na rovinné brusce, tím je ušetřena další výrobní operaci a dochází k celkovému snížení výrobních nákladů. Vše je způsobeno už konstrukcí SK frézy. Povrchová úprava, která zvyšuje odolnost vůči korozi a snižuje abrazivní opotřebení. Na delší životnost má vliv také vnitřní přívod chladicí kapaliny, která zajišťuje optimální chlazení nástroje a také obrobku.

Při obrábění SK destičkami byl naměřený čas byl o několik minut kratší než při obrábění frézou z RO a tím se zvýšila produktivita výroby. Po provedených testech je zřejmé, že s použitím SK destiček byla využitelnost produkčního vertikálního obráběcího centra MCFV1060 větší o více než 30 % dřívější využitelnosti.

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucí bakalářské práce paní Ing. Lence Petřkovské za její pomoc při tvorbě této práce. Dále bych chtěl vyslovit poděkování týmu pracovníků a kolegů na provozu nástrojárna ve firmě Klein a Blažek spol. s r.o. Štítý, kteří mi vždy vycházeli vstříc při poskytování informací pro vypracování bakalářské práce. Speciální poděkování patří panu vedoucímu provozu nástrojárna panu Miroslavu Babišovi za jeho odborné rady a odbornou asistenci.

Vítězslav Janda

Seznam použité literatury

- [1] AS SANDVIK Coromant. *Příručka obrábění*. Praha: Scientia, 1997, I. vydání ISBN 91-97 22 99-4-6.
- [2] BILÍK, O. *Obrábění II, 1. díl*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 1999, II. vydání. ISBN 80-7078-962-X.
- [3] BILÍK, O. *Obrábění II, 2. díl*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2000, II. vydání. ISBN 80-7078-944-1.
- [4] *Klein a Blažek* [online]. 2007 [cit. 2010-05-19]. Stránky firmy Klein a Blažek s.r.o. Dostupné z WWW: <http://www.kleibl.cz>.
- [5] KUDLÁČKOVÁ, Lenka. *Racionalizace výroby v podmínkách sériové výroby*. Ostrava, 2007. 42 s. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava.
- [6] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Druhé doplněné vydání. Úvaly : Albra, 2005. 906 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [7] *Nakol* [online]. 2008 [cit. 2010-02-10]. Stránky firmy Nakol s.r.o. Dostupné z WWW: <http://www.nakol.cz>.
- [8] *Příručka obrábění* [online]. [s.l.] : Hoffmann Group, 2008 [cit. 2010-03-22]. Dostupné z WWW: <http://www.hoffmann-group.com/download/cz/zerspanungshandbuch/cz-zerspanungshandbuch.pdf>.
- [9] *Pramet Tools* [online]. 2009 [cit. 2010-04-18]. Stránky firmy Pramet Tools s.r.o. Dostupné z WWW: <http://www.pramet.com>.
- [10] *TAJMAC – ZPS* [online]. 2008 [cit. 2010-04-03]. Stránky firmy TAJMAC – ZPS a.s. Dostupné z WWW: <http://www.zps.cz>.

Seznam příloh

Příloha A - fotografie opotřebení RO frézy

Příloha B - fotografie opotřebení SK frézy

Příloha C - technické údaje obráběcího centra MCFV 1060

Příloha D - výkres výrobní součásti